



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 48 117 A 1

21 Aktenzeichen: 195 48 117.8  
22 Anmeldetag: 21. 12. 95  
43 Offenlegungstag: 1. 8. 98

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 02 K 7/10  
H 02 K 21/22  
H 02 K 16/02  
B 60 K 1/00  
B 60 L 15/00  
H 02 P 7/67

DE 195 48 117 A 1

30 Innere Priorität: 32 33 31  
23.12.94 DE 44 46 284.0

71 Anmelder:  
Schmidt, Günther, 53129 Bonn, DE

74 Vertreter:  
Gehrke, P., Dipl.-Biol.Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 45894  
Gelsenkirchen

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elektroantrieb mit stufenloser Lastmomentanpassung

57 Die Erfindung betrifft einen Elektroantrieb mit selbständiger und stufenloser Lastmomentanpassung mit einem Stator, welcher eine mit Strom zu versorgende Statorwicklung aufweist, einem Läufer, welcher eine Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfelds aufweist, und einer Abtriebseinrichtung, welche eine Kurzschlußwicklung aufweist, wobei der Stator, der Läufer und die Abtriebseinrichtung jeweils um eine Motorachse zentriert herum angeordnet sind, die Abtriebseinrichtung um die Motorachse herum mechanisch frei beweglich angeordnet ist, der Stator und die Abtriebseinrichtung derart ausgebildet ist, daß das von der Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers ausgebildete Magnetfeld sowohl die Statorwicklung als auch die Kurzschlußwicklung der Abtriebseinrichtung durchflutet.

DE 195 48 117 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Elektroantrieb, der sich selbsttätig und stufenlos dem jeweiligen Lastmoment anpaßt und eine Antriebskopplungseinrichtung mit selbständiger und stufenloser Lastmomentanpassung.

Bekannt sind Asynchronmotoren und Elektroantriebe mit Getriebe, wobei hier das Getriebe die Aufgabe übernimmt, den Arbeitsbereich des Elektromotors so zu verschieben, daß er möglichst wenig vom maximalen Wirkungsgrad abweicht. Soll dies für ein sehr breites Anwendungsspektrum, wie etwa für den großen Drehzahlbereich einer Kfz-Anwendung erfolgen, so ist für das Erreichen des oben erwähnten hohen Wirkungsgrades etwa ein aufwendiges Schaltgetriebe notwendig. Dieses aber verschlechtert den Gesamtwirkungsgrad, erhöht den Verschleiß sowie den Wartungsaufwand und bringt konstruktive Nachteile aufgrund der beträchtlichen Gewichtszunahme und des wesentlich höheren Bauvolumens mit sich, ganz abgesehen von den erhöhten Herstellungskosten der o.g. Antriebe insbesondere bez. Schaltgetriebes und dessen Einbau.

Würde man z. B. in einem Kraftfahrzeug die Vorteile eines Elektro-Radnabenmotors mit der oben erwähnten Optimierung mittels Schaltgetriebe nutzen wollen, so müßte in jedes Rad zusätzlich ein aufwendiges Getriebe eingebaut und die dadurch entstehenden vorgenannten Nachteile mit in Kauf genommen werden. Das führe jedoch zu keiner technologischen Verbesserung, sondern lediglich zu einer Verschiebung der Probleme.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die oben genannten Nachteile des Stands der Technik zu beseitigen und einen Elektroantrieb bereitzustellen, mit welchem ohne Schaltgetriebe ein maximaler Wirkungsgrad für verschiedenste Anwendungen erreichbar ist, ohne daß ein aufwendiger Wartungsaufwand, ein hoher Verschleiß und großes Bauvolumen nötig sind. Das bedeutet, einen Elektroantrieb zu schaffen, der äußerst vorteilhaft als Kfz-Radnabenmotor oder in ähnlich anspruchsvollen Anwendungen eingesetzt werden kann und alle vorgenannten Vorteile in sich vereint, ohne dafür ein Schalt- oder Automatikgetriebe verwenden zu müssen.

Wünschenswert ist es auch, eine Antriebskopplungseinrichtung bereitzustellen, welche von einem z. B. außerhalb der Radnabe oder -felge angeordneten Motor, Antriebsaggregat oder Antriebseinrichtung wie Verbrennungsmaschine, Elektromotor oder Elektroarbeitsmaschine antreibbar ist und die o.g. Vorteile des Elektroantriebs wie geringe Wartung, vernachlässigbarer Verschleiß und niedrige Herstellungskosten wegen Fehlen des Schaltgetriebes in sich vereinigt.

Die Aufgabe wird gelöst durch den Hauptanspruch und den nebengeordneten Anspruch. Die Unteransprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen des Erfindungsgegenstandes.

Die Erfindung betrifft einen Elektroantrieb mit selbständiger und stufenloser Lastmomentanpassung, mit einem Stator, welcher eine mit Strom zu versorgende Statorwicklung aufweist, einem Läufer, welcher eine Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfelds aufweist, und einer Abtriebseinrichtung, welche eine Kurzschlußwicklung aufweist, wobei der Stator, der Läufer und die Abtriebseinrichtung jeweils um eine Motorachse zentriert herum angeordnet sind, die Abtriebseinrichtung um die Motorachse herum mechanisch frei beweglich angeordnet ist, der Läufer zwischen dem Stator und der Abtriebseinrichtung angeordnet und der Läufer, der

Stator und die Abtriebseinrichtung derart ausgebildet und zueinander angeordnet sind, daß das von der Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers z. B. im Betriebszustand ausgebildete Magnetfeld im wesentlichen sowohl die Statorwicklung als auch die Kurzschlußwicklung der Abtriebseinrichtung durchflutet.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine Antriebskopplungseinrichtung mit selbständiger und stufenloser Lastmomentanpassung, mit einem Läufer, welcher eine Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfelds und Mittel zur kraftschlüssigen Verbindung mit einer Antriebseinrichtung aufweist, und einer Abtriebseinrichtung, welche eine Kurzschlußwicklung aufweist, wobei der Läufer und die Abtriebseinrichtung jeweils um eine Drehachse herum zentriert und mechanisch frei beweglich angeordnet sind, der Läufer und die Abtriebseinrichtung derart ausgebildet und zueinander angeordnet sind, daß das von der Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers im Betriebszustand ausgebildete Magnetfeld im wesentlichen die Kurzschlußwicklung der Abtriebseinrichtung durchflutet.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß durch Bestromung der Statorwicklung eines vorteilhafterweise verwendeten Gleichstrommotors, deren Stränge parallel zur Motorlängsachse verlaufen, ein permanentmagnetischer Läufer angetrieben wird. Dieser Läufer ist so ausgestaltet, daß sich zwei gegenüberliegende, jeweils mehrpolige, senkrecht zur Motorwelle verlaufende, permanentmagnetische Kreise ausbilden. Der eine Kreis ist an der Läuferinnenseite, der andere an der Läuferaußenseite angeordnet. Die Feldlinien der Innenseite schließen sich über den Rückschluß des Stators, die der Außenseite über den Rückschluß der Abtriebseinrichtung (auch Abtrieb genannt), die mehrere, ebenfalls parallel zur Motorlängsachse verlaufende kurzgeschlossene Wicklungen trägt und gleichermaßen beweglich angeordneten ist bzw. rotatorisch mitläuft wie der Läufer, wobei sich die Umlaufgeschwindigkeiten vom Läufer und Abtrieb je nach Lastverhältnissen und gesteuerter Leistung unterschiedlich einstellen werden.

Es wird ein Elektroantrieb beschrieben, der über ein extrem umfangreiches Anwendungsspektrum selbsttätig und stufenlos seine Leistung optimiert, d. h. hoher Wirkungsgrad und stets maximal verfügbares Drehmoment über dem gesamten Drehzahlbereich, vom Stillstand bis zur Höchstgeschwindigkeit des Abtriebes. Zusätzlich ermöglicht er, neben allen bekannten Vorteilen des Elektromotors, sehr vorteilhaft die Realisierung der heute geforderten ungewöhnlich hohen Funktionsvielfalt. Sehr nutzbringend läßt sich daher der erfindungsgemäße Elektroantrieb im Kfz-Bereich, z. B. als Radnabenmotor oder in Anwendungen mit ähnlich hohen Anforderungen einsetzen.

D.h. der neuartige erfindungsgemäße Elektroantrieb nimmt die optimale Arbeitspunkt-Anpassung selbsttätig und stufenlos vor. Das hat zur Folge, daß das Drehmoment des Abtriebs vom Stillstand bis Höchstzahl immer beliebig zwischen Null und Maximalwert gesteuert werden kann und, im Gegensatz zum reinen Elektromotor, auch in jedem Betriebsfall zur Verfügung steht. Somit entstehen nie Drehmoment- oder Wirkungsgrad-einbrüche. Ebenso wird dadurch in keiner Betriebssituation die Motorleistung ausschließlich in Wärme umgesetzt. Wodurch nicht nur die Betriebssicherheit erhöht, sondern auch die Steuerelektronik vereinfacht wird.

Weiterhin läßt sich der erfindungsgemäße Elektroantrieb so ausbilden, daß sich die heute geforderte Funktionsvielfalt wie: ABV, ASR, Bremsen des Fahrzeuges mit dem Motor, Rückführung der Bremsenergie in den Akku usw. zusätzlich realisieren läßt, ohne die bereits genannten Vorteile zu schmälern. Auch vereinfacht das geringe Bauvolumen und -gewicht die Fahrzeugkinematik.

Der erfindungsgemäße Elektroantrieb mit selbständiger und stufenloser Lastmomentanpassung, ist mit einem Stator 3, welcher eine mit Strom zu versorgende Statorwicklung 3c aufweist, einem Läufer 4, welcher eine Einrichtung 4b, 4g, 4h zur Erzeugung eines Magnetfeldes aufweist, und einer Abtriebseinrichtung 1 versehen, welche eine Kurzschlußwicklung 1b aufweist, wobei der Stator 3, der Läufer 4 und die Abtriebseinrichtung 1 jeweils um eine Motorachse zentriert herum angeordnet sind, die Abtriebseinrichtung 1 und der Läufer 4 um die Motorachse 3a herum mechanisch frei beweglich angeordnet ist, der Läufer 4 zwischen dem Stator 3 und der Abtriebseinrichtung 1 angeordnet und der Läufer 4, der Stator 3 und die Abtriebseinrichtung 1 derart ausgebildet und zueinander angeordnet sind, daß das von der Einrichtung 4b, 4g, 4h zur Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers 4 im Betriebszustand ausgebildete Magnetfeld im wesentlichen sowohl die Statorwicklung 3c als auch die Kurzschlußwicklung 1b der Abtriebseinrichtung 1 durchflutet.

Unter Erzeugung eines Magnetfeldes wird im Sinne der Erfindung beispielsweise ein mittels eines Elektromagneten im Betriebszustand erzeugtes und/oder ein mittels eines Permanentmagneten erzeugtes bzw. bestehendes oder ausgebildetes verstanden. Mechanisch frei beweglich bedeutet z. B. im Sinne der Erfindung, daß die Abtriebseinrichtung und/oder der Läufer um die Motorachse 3a — vorzugsweise über Wälzlager geführt — drehbar angeordnet sind. Eine mechanische Kopplung zwischen dem Läufer 4 und der Abtriebseinrichtung 1 z. B. über ein formschlüssiges Bauteil wie Gestänge oder ein Getriebe ist wegen der mechanisch freien Drehbarkeit bzw. Beweglichkeit nicht vorhanden.

In einer Ausführungsform können der vorzugsweise hohlzylinderförmige Läufer 4 um den Stator 3 zumindest teilweise herum angeordnet oder der Stator 3 um den Läufer 4 zumindest teilweise herum angeordnet sein. Vorzugsweise weisen der Stator 3 eine magnetische Rückschlußeinrichtung 3b auf und die vorzugsweise hohlzylinderförmige Abtriebseinrichtung 1 eine magnetische Rückschlußeinrichtung 1a auf.

Insbesondere ist es möglich, daß die Statorwicklung 3c auf der Oberfläche der Rückschlußeinrichtung 3b des Stators 3 angeordnet und beispielsweise als eisenlose Antriebswicklung ausgebildet ist, wobei das typische "Ruckeln" vermieden und ein gleichförmiger Lauf ermöglicht werden. In vorteilhafter Weise kann zusätzlich oder unabhängig davon die Kurzschlußwicklung 1b der Abtriebseinrichtung 1 auf der Oberfläche der Rückschlußeinrichtung 1a der Abtriebseinrichtung 1 angeordnet und beispielsweise als eine eisenlose Kurzschlußwicklung ausgebildet sein. Auch in dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist zu beobachten, daß das typische "Ruckeln" vermieden und ein gleichförmiger Lauf ermöglicht werden.

Von Vorteil ist, wenn der Läufer 4, der Stator 3 und die Abtriebseinrichtung 1 derart ausgebildet und zueinander angeordnet sind, daß das von der Einrichtung 4b, 4g, 4h zur Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers 4

im Betriebszustand ausgebildete Magnetfeld im wesentlichen die Statorwicklung 3c und die Rückschlußeinrichtung 3b des Stators 3 sowie die Kurzschlußwicklung 1b der Abtriebseinrichtung 1 und die Rückschlußeinrichtung 1a der Abtriebseinrichtung 1 durchflutet. Die Einrichtung 4b, 4g, 4h zur Erzeugung des Magnetfeldes des Läufers 4 kann als Elektromagnet und/oder als Permanentmagnet ausgebildet sein.

In einer weiteren Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes umfaßt der Permanentmagnet des Läufers 4 eine Mehrzahl von Stabmagneten 4b, welche im Querschnitt (Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5) gesehen kreisförmig um die Motorachse 3a herum angeordnet sind, wobei die die Pole verbindenden Achsen der Stabmagneten jeweils parallel zu der Motorachse angeordnet sind und die polare Ausrichtung benachbarter Stabmagneten entgegengesetzt zueinander verläuft. Hierbei kann zudem der Permanentmagnet des Läufers 4 eine Doppelschichtstruktur zweier bezüglich der Motorachse 3a übereinander positionierter Schichten einer Mehrzahl von kreisförmig um die Motorachse 3a herum angeordneten Stabmagneten 4g, 4h und eine zwischen den zwei Schichten befindliche magnetische Rückschlußeinrichtung 4i aufweisen, wobei die polare Ausrichtung übereinander positionierter Stabmagneten entgegengesetzt zueinander verläuft.

Hinzukommend ist es möglich, daß die Anzahl der in den jeweiligen Schichten der Doppelschichtstruktur vorhandenen Stabmagneten verschieden ist, die Schichten von Stabmagneten durch eine magnetische Isolierungseinrichtung 4m, welche z. B. als magnetisch nichtleitende Schicht ausgebildet ist, voneinander getrennt sind und zwischen jeder Schicht von Stabmagneten und der magnetischen Isolierungseinrichtung 4m eine magnetische Rückschlußeinrichtung 4k, 4l angeordnet ist. Gleichfalls kann der Elektroantrieb bzw. der den Rückschluß 3b, die Stränge 3c und den Stator 3 umfassende auch bezeichnete Primärtrieb als Gleichstrommotor ausgebildet sein. Vorzugsweise ist die Abtriebseinrichtung 1 über Mittel 1c und einer Verbindungsschraube 2a mit der Radfelge 2 verbunden und über Mittel 1c wie eine Zentrierplatte und über Wälzlager 1d mit der Motorachse 3a — um diese drehbar — verbunden. Ebenfalls kann der Läufer 4 über Mittel 4c wie eine Zentrierplatte und über Wälzlager 4d mit der Achse 3a — um diese drehbar — verbunden sein.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Elektroantriebs wird das eine Ende des hohlzylinderförmigen Läufers 4 von der Abtriebseinrichtung 1 drehbar aufgenommen ist und das andere Ende des Läufers wird in dem Stator 3 drehbar geführt. Der Vorteil dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist der geringe Platzbedarf und die kostengünstige Herstellbarkeit. Weiterhin ist es hierbei möglich, den Durchmesser des Endes des Läufers 4, welches in der Abtriebseinrichtung 1 drehbar geführt wird, im Gegensatz zu dem Durchmesser des anderen Endes des Läufers 4 je nach Erfordernis siehe unten bei der Herstellung zu erhöhen, ohne daß wesentlich mehr Platz erforderlich ist. Folgenden Überlegungen kann bei Anwendung dieser Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Gegenstandes Beachtung geschenkt werden.

In einer Ausführungsform kann mit der Vergrößerung, z. B. Verdopplung, des Kupferdrahtdurchmessers der Kurzschlußwicklungen 1b der Abtriebseinrichtung 1 beispielsweise der 8fache Strom fließen, ohne daß man die Leistung  $P = I^2 \times R$  des erfindungsgemäßen Elektroantriebs erhöhen muß (mit I: Strom, R: Widerstand).

(Vorbereitung bei der Betrachtung ist, daß alles bezogen ist auf eine bestimmte zur Verfügung stehende Motorleistung). In der Abtriebseinrichtung 1 kann höchstens immer nur die Leistung P umgesetzt werden, die der Motor liefert. Will man den Widerstand des in den Strängen verwendeten Kupferdrahtes verringern, ist eine Vergrößerung der Abtriebseinrichtung 1 und damit des Läufers 4 notwendig, z. B. eine Verdopplung ihrer Durchmesser wie in den oben erwähnten Ausführungsformen. Da sich hierbei auch die Umlaufgeschwindigkeit verdoppelt, muß die wirksame Magnetfläche (insbesondere die der Abtriebseinrichtung 1 gegenüberliegende Magnetfläche der Permanentmagnetschicht des Läufers 4) halbiert werden, damit keine höhere Motorleistung erforderlich wird, so daß die Leistung  $P = F \times v$ , für F: Kraft, v: Geschwindigkeit auf der Motorseite und die der Abtriebseinrichtung 1 übereinstimmt. Der eigentliche Vorteil liegt nun hierin begründet, daß mit der Verdopplung des Durchmessers sich der Querschnitt des Kupferdrahtes mit der 2. Potenz erhöht — also den 4fachen Querschnitt annimmt — und aufgrund der Halbierung der Magnetfläche sich auch die Länge des Kupferdrahtes halbiert, was zur Folge hat, daß der Widerstand des Kupferdrahtes der Kurzschlußwicklungen 1b sich 8fach verringert. Es kann also der 8fache Strom fließen, ohne daß man die Leistung  $P = 12 \times R$  des erfindungsgemäßen Elektroantriebs erhöhen muß. Hierbei ist Bedingung, daß die Induktion des magnetischen Kreises der Abtriebseinrichtung 1 den 8fachen Strom zu induzieren vermag und dementsprechend das Drehmoment der Abtriebseinrichtung 1 erhöht.

Das Gehäuse, welches in einer Ausführungsform die nachfolgend angegebene erfindungsgemäße Antriebskopplungseinrichtung umgeben kann, ist z. B. in der eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antriebskopplungseinrichtung offenbarenden Abbildung lediglich der Einfachheit und Zweckmäßigkeit der Darstellung halber nicht gezeigt.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung bezieht sich auf eine Antriebskopplungseinrichtung mit selbständiger und stufenloser Lastmomentanpassung einem Läufer 111, welcher eine Einrichtung 113 zur Erzeugung eines Magnetfeldes und Mittel 102 zur kraft-, reib- und/oder formschlüssigen Verbindung mit einer Antriebs- einrichtung 100 aufweist, und einer Abtriebseinrichtung 107, welche eine Kurzschlußwicklung 110 aufweist, wobei der Läufer 111 und die Abtriebseinrichtung 107 jeweils um eine Drehachse 114 zentriert angeordnet sind, der Läufer 111 und die Abtriebseinrichtung 107 um die Drehachse 114 herum mechanisch frei beweglich angeordnet ist, der Läufer 111 und die Abtriebseinrichtung 107 derart ausgebildet und zueinander angeordnet sind, daß das von der Einrichtung 113 zur Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers 111 ausgebildete Magnetfeld im wesentlichen die Kurzschlußwicklung 110 der Abtriebseinrichtung 107 durchflutet.

Unter Erzeugung eines Magnetfeldes wird im Sinne der Erfindung beispielsweise ein mittels eines Elektromagneten im Betriebszustand erzeugtes und/oder ein mittels eines Permanentmagneten erzeugtes bzw. bestehendes oder ausgebildetes verstanden. Mechanisch frei beweglich bedeutet auch im Sinne der Erfindung, daß z. B. die Abtriebseinrichtung 107 um die Drehachse 114 der Abtriebswelle 108 drehbar angeordnet ist und/oder der Läufer 111 um die Drehachse 114 der Motorwelle 102 drehbar angeordnet ist.

Vorzugsweise ist der Läufer 111 hohlzylinderförmig

ausgebildet, wobei der Läufer im Längsschnitt (Fig. 10) z. B. U-förmig ist. Die Einrichtung 113 zur Erzeugung des Magnetfeldes kann auf der Außenseite des Mantels bzw. der Schenkel des U-förmigen Läufers 107 angeordnet sein. Auf der Seite der Einrichtung 113 zur Erzeugung des Magnetfeldes, welche der Innenseite des Mantels bzw. der Schenkel des Läufers 111 zugewandt ist, kann die magnetische Rückschlußeinrichtung 112 z. B. mit Massiveisen vorhanden sein. Eine mechanische Kopplung zwischen dem Läufer 111 und der Abtriebseinrichtung 107 z. B. über ein formschlüssiges Bauteil wie Gestänge oder ein Getriebe ist also wegen der mechanisch freien Drehbarkeit bzw. Beweglichkeit von Läufer 111 und Abtriebseinrichtung 107 um die Drehachse 114 nicht vorhanden.

Die Abtriebseinrichtung 107 kann gleichfalls hohlzylinderförmig ausgestaltet sein und im Längsschnitt (Fig. 10) U-förmig sein. Die Abtriebseinrichtung 107 kann den Läufer 111 aufnehmen, so daß die Abtriebseinrichtung 107 zumindest zum Teil um den Läufer 111 angeordnet ist und der Läufer 111 in der Abtriebseinrichtung 107 drehbar ist. Andererseits kann ebenso der hohlzylinderförmige Läufer 111 die Abtriebseinrichtung 107 aufnehmen, so daß der Läufer 111 mindestens einen Teil der Abtriebseinrichtung 107 umfaßt und die Abtriebseinrichtung 107 in dem Läufer 111 drehbar ist.

Weiterhin ist es möglich, daß die Abtriebseinrichtung 107 eine magnetische Rückschlußeinrichtung 109 als geblechter Magnetrückschluß aufweist. Ebenso kann die Kurzschlußwicklung 110 der Abtriebseinrichtung 107 auf der Oberfläche der Rückschlußeinrichtung 109 der Abtriebseinrichtung 107 angeordnet und z. B. als eine eisenlose Kurzschlußwicklung ausgebildet sein.

Die Schenkel des Läufers 111 sind von denen der Abtriebseinrichtung 107 über einen geringen Luftspalt wie bereits oben erwähnt beabstandet. Auf der der Einrichtung 113 zur Erzeugung eines Magnetfeldes zugewandten Seite des Mantels bzw. Schenkels der hohlzylinderförmigen Abtriebseinrichtung 107 können sich die Kurzschlußwicklungen 110 der Abtriebseinrichtung 107 befinden. Auf der Seite der Kurzschlußwicklungen 110, welche der Einrichtung 113 zur Erzeugung eines Magnetfeldes abgewandt ist, ist vorzugsweise eine magnetische Rückschlußeinrichtung 109 als geblechter Magnetrückschluß anordbar.

Vorteilhafterweise sind der Läufer 111 und die Abtriebseinrichtung 107 derart ausgebildet und zueinander angeordnet, daß das von der Einrichtung 113 zur Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers 111 z. B. im Betriebszustand ausgebildete Magnetfeld im wesentlichen die Kurzschlußwicklung 110 der Abtriebseinrichtung 107 und die Rückschlußeinrichtung 109 der Abtriebseinrichtung 107 durchflutet. In einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist die Einrichtung 113 zur Erzeugung des Magnetfeldes des Läufers 111 als Elektromagnet und/oder als Permanentmagnet ausgebildet. In der Ausführung mit Permanentmagnet kann der Permanentmagnet des Läufers 111 eine Mehrzahl von Stabmagneten 4b aufweisen, welche im Querschnitt gesehen (wie in Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5) kreisförmig um die Drehachse 114 herum angeordnet sind, wobei die Pole verbindenden Achsen der Stabmagneten jeweils parallel zu der Drehachse 114 angeordnet sind und die polare Ausrichtung benachbarter Stabmagneten entgegengesetzt zueinander verläuft.

In weiteren Ausführungsform ist es hinzukommend oder alternativ von Vorzug, wenn z. B. der im Längsschnitt vorzugsweise U-förmige Läufer 111 ein Magnet-

feld auf beiden Seiten aufweist, daß der Läufer 111 zusätzlich u. a. eine weitere Einrichtung 113 zur Erzeugung eines Magnetfeldes auf der Innenseite des Mantels bzw. Schenkels (analog Fig. 4, Fig. 5 Fig. 6) aufweisen kann, wobei der Permanentmagnet des Läufers 111 eine Doppelschichtstruktur zweier bezüglich der Drehachse 114 übereinander positionierter Schichten einer Mehrzahl von kreisförmig um die Drehachse 114 herum angeordneten Stabmagneten 4g, 4h und eine zwischen den zwei Schichten befindliche magnetische Rückschlußeinrichtung 4i aufweisen und die polare Ausrichtung der übereinander positionierten Stabmagneten entgegengesetzt zueinander verlaufen können. Hierbei kann die Abtriebseinrichtung 107 so ausgebildet sein, daß auch der auf der Innenseite des Mantels bzw. Schenkels des Läufers 111 befindlichen Einrichtung 113 zur Erzeugung eines Magnetfeldes Kurzschlußwicklungen 110 der Abtriebseinrichtung 107 — getrennt über eine geringen Luftspalt — gegenüberliegen. So kann die Abtriebseinrichtung 107 im Längsschnitt vorzugsweise doppelt U-förmig ausgestaltet sein, wobei die jeweils innenliegenden parallel zueinander ausgerichteten Schenkel der doppelt U-förmigen Abtriebseinrichtung 107 aneinanderliegen oder an der Abtriebswelle 108 angeordnet sein und mit ihr kraftschlüssig fest verbunden können und gemeinsam in den von den beiden Schenkeln des Läufers 111 ausgebildeten Raum hineinragen, ohne den Läufer 111 zu berühren. Die Kurzschlußwicklungen 110 können hierbei auf der Seite der innenliegenden Schenkel der doppelt U-förmigen Abtriebseinrichtung 107 angeordnet sein, welche der weiteren Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers 111 zugewandt ist.

Die Anzahl der in den jeweiligen Schichten der Doppelschichtstruktur vorhandenen Stabmagneten können verschieden ein, wobei die Schichten von Stabmagneten durch eine magnetischen Isolierungseinrichtung 4m, welche z. B. als magnetisch nichtleitende Schicht ausgebildet ist, voneinander getrennt sind und zwischen jeder Schicht von Stabmagneten und der magnetischen Isolierungseinrichtung eine magnetische Rückschlußeinrichtung 4k, 4l angeordnet ist.

In erfindungsgemäßen Ausgestaltungen kann die Abtriebseinrichtung eine Verbrennungskraftmaschine wie Otto-, Dieselmotor, Gasturbine, Heißgasmotor, Kreiskolbenmotor oder ein Elektromotor oder eine Elektroarbeitsmaschine, wie Gleich- Drehstrom-Reihenschlußmotor, Repulsionsmotor etc. sein, wobei alle Parameter wie Umdrehungszahl etc. steuerbar sind. Diese können kraft-, form- und/oder reibschlüssig an dem Läufer 111 z. B. direkt über eine um die Drehachse 114 drehbare Motorwelle 102 oder auch indirekt gekoppelt sein.

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform kann die Abtriebseinrichtung 107 über Mittel 108 zur Verbindung mit z. B. der Radnabe des anzutreibenden Rads eines Fahrzeugs oder einer anzutreibenden Einrichtung gekoppelt sein. Als Mittel dient z. B. eine Abtriebswelle 108 mit der Drehachse 114. Vorzugsweise ist es ebenso möglich, daß die Abtriebseinrichtung 107 über Mittel 1c und eine Verbindungsschraube 2a mit der Radfelge 2 verbunden ist.

Die erfindungsgemäße Anordnung hat den Vorteil, daß bereits die Primärseite des Antriebs, der Stator des Gleichstrommotors mit dem Permanentmagnetläufer, sehr gut vom Stillstand bis Höchstzahl drehzahl steuern läßt. Ist nun beispielsweise das Lastmoment extrem groß, so

entsteht zwischen Läufer und Abtriebseinrichtung (auch Abtrieb genannt) eine Drehzahldifferenz, d. h. eine Drehzahl mit negativem Vorzeichen, die sich proportional zur momentan beabsichtigten bzw. eingestellten Leistung der Primärseite verhält und die Drehzahl des Abtriebes beabsichtigterweise entsprechend reduziert. Das hat zur Folge, daß die Feldlinien des äußeren permanentmagnetischen Kreises des Läufers in den kurzgeschlossenen Wicklungen des Abtriebes eine elektrische Spannung induzieren, die sich proportional zur Drehzahldifferenz verhält. Diese induzierte Spannung bewirkt wiederum einen Stromfluß, der ein Kraftfeld zwischen Läufer und Abtrieb aufbaut, das die gleiche Richtung wie das Kraftfeld des Läufers aufweist. Dieses Kraftfeld hat ständig das Bestreben, die Drehzahldifferenz zwischen Läufer und Abtrieb auszugleichen bzw. gegen Null gehen zu lassen. Verringert sich nun das Lastmoment wieder, so nimmt auch die Drehzahldifferenz entsprechend ab. Soll zu einem anderen Zeitpunkt der Abtrieb eine starke Beschleunigung erfahren, so ist die Leistung der Primärseite entsprechend anzuheben, die Drehzahldifferenz und somit das Drehmoment am Abtrieb nimmt wieder zu, um das Trägheitsmoment, das während der Beschleunigungsphase entsteht, überwinden zu können. Ist nun die gewünschte Drehzahl abtriebsseitig erreicht, so wirkt nur noch das Lastmoment, das zur Erhaltung der gewünschten Drehzahl notwendig ist auf den Abtrieb und die Drehzahldifferenz reduziert sich wieder um den Betrag, der zur Überwindung der Trägheit notwendig war. Wird der Antrieb im Leerlauf betrieben, so ergibt sich eine minimale Drehzahldifferenz zwischen Läufer und Abtrieb, sie entspricht der geringen Leistung die notwendig ist, um den Abtrieb leer mitlaufen zu lassen. Die Drehzahl des Läufers liegt somit immer um den Betrag der Drehzahldifferenz höher als die des Abtriebes aufgrund der Tatsache, daß das Drehmoment am Abtrieb über die Drehzahl des Läufers gesteuert wird, arbeitet der erfindungsgemäße Antrieb, von wenigen Millisekunden im Anlaufmoment mal abgesehen, immer im Bereich des günstigsten Wirkungsgrades und bietet dabei die Möglichkeit bei jeder beliebigen Drehzahl zusätzlich jedes beliebige Drehmoment einzustellen.

#### Ausführungsbeispiele

Weitere Einzelheiten, Aspekte, Vorteile usw. der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Abbildungen. Die Zeichnungen zeigen lediglich als eine zeichnerische Vereinfachung in schematischer, stark vergrößerter Weise ohne Anspruch auf eine maßstabsgetreue Wiedergabe in

Fig. 1 die perspektivische Darstellung des Antriebes, beispielsweise als Radnabenmotor ausgeführt,

Fig. 2 den Längsschnitt im Achsmittelpunkt durch die schematische Darstellung einer Antriebshälfte,

Fig. 3 den Schnitt senkrecht zur Motorlängsachse durch den schematisch dargestellten Läufer ohne Rückschluß,

Fig. 4 den Schnitt senkrecht zur Motorlängsachse durch die schematische Teildarstellung Läufer mit Rückschluß,

Fig. 5 den Schnitt senkrecht zur Motorlängsachse durch die Teildarstellung von Läufer mit Rückschluß und unterschiedlicher Polpaarzahl von Innenseite zur Außenseite,

Fig. 6 ein allgemeingültiges Gleichstrommotor-Dia-

gramm mit Motorkennlinie für die Drehzahl  $n$ , den Strom  $I$ , den Wirkungsgrad  $\eta$  und die Leistung  $P$  in Abhängigkeit zum Drehmoment  $M$ .

Fig. 7 ein Gleichstrommotor- bzw. Läufer-Diagramm mit Darstellung des gesamten Arbeitsbereiches, dem Drehzahl-Drehmomentkennlinienfeld bzw. -band mit Leistungskurven,

Fig. 8 eine Diagramm mit Drehzahldifferenz-Drehmomentkennlinienschar die sich zwischen Läufer und Abtrieb ergibt, wobei die Parameter  $N_1 - N_3$  für unterschiedliche Windungszahlen stehen,

Fig. 9 eine Diagramm mit Darstellung eines Drehzahl-Drehmomentkennlinienbandes und Wirkungsgradverlauf des Läufers sowie der negativen Drehzahldifferenz-Drehmomentkennlinie die sich zwischen Läufer und Abtrieb ergibt.

Fig. 10 den Längsschnitt im Achsmittelpunkt durch die schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Antriebskopplungseinrichtung mit externem Motor.

Der erfindungsgemäße Elektroantrieb ist in Fig. 1 als Radnabenmotor ausgebildet, wie er beispielsweise sehr vorteilhaft im Kfz-Bereich eingesetzt wird, wobei die Abtriebseinrichtung 1 direkt bzw. fest an der Radfelge 2 und der feststehende Stator 3 seinerseits wiederum fest am, in Fig. 2 dargestellten Achsschenkel 5 befestigbar ist.

Bei der Ausführung nach Fig. 2 besteht der Stator 3 aus der Motorachse 3a, dem geblechten Rückschluß 3b und den Strängen der Statorwicklung 3c, die in den genuteten Blechen des Rückschlusses 3b befestigt sind. Eine Variante die das typische Ruckeln vermeidet entsteht, wenn die Statorwicklung auf der Statorblechoberfläche, einer sogenannten "eisenlosen" Antriebswicklung, die einen absolut ruckfreien, gleichförmigen Lauf garantiert, montiert wird. Der Läufer 4 ist an seiner Innenseite durch einen geringen Luftspalt von etwa 0,5 mm bis 1 mm von dem geblechtem Rückschluß 3b beabstandet, rotatorisch beweglich um den Stator angeordnet. Der Läufer 4 ist vorzugsweise hohlzylinderförmig ausgebildet. In seiner zylinderförmigen Wandung oder Mantel des Läufergehäuses 4a, die im Bereich des Statorblechpaketes 3b käfigartig ausgebildet ist, werden die Permanentmagnete 4b gehalten.

Der Läufer 4 ist in Axialrichtung fixiert und leichtgängig gelagert, beispielsweise durch das hintere Wälzlager 4d und das vordere Wälzlager 4e. Die Zentrierplatte 4c ist nötig, um den Läufer 4 montieren zu können, ohne an Laufruhe zu verlieren. Der Abtrieb 1 ist ebenfalls an seiner Innenseite durch einen geringen Luftspalt von etwa 0,5 mm bis 1 mm von dem Läufer 4 beabstandet, rotatorisch beweglich um den Läufer 4 angeordnet. Sein genutetes Blechpaket 1a ist im Abtriebsgehäuse 1f und die Stränge der Kurzschlußwicklungen 1b wiederum in den Nuten des Blechpaketes 1a befestigt. Auch hier entsteht eine sehr vorteilhafte Variante, die das typische Ruckeln vermeidet und einen absolut gleichförmigen Lauf garantiert, wenn die Kurzschlußwicklungen auf der Oberfläche an der Innenseite, also als "eisenlose Kurzschlußwicklungen", montiert sind. Das Blechpaket 1a ist so angeordnet, daß es etwa die gleiche Länge und Lage der Permanentmagneten 4b hat, also mittig zum Läufer 4 angeordnet ist. Der Abtrieb 1 ist ebenfalls axial fixiert und leichtgängig gelagert, beispielsweise durch das hintere Wälzlager 1d und das vordere Wälzlager 1e. Die Zentrierplatte 1c übernimmt, neben den gleichen Funktionen wie die Zentrierplatte 4c, zusätzlich noch die Aufgabe der Radnabe, nämlich die Befestigung der

Radfelge 2 mit den Befestigungsschrauben 2a.

Sollte eine Anwendung es erforderlich machen, daß der Abtrieb 1 in Form einer Welle im Zentrum des Antriebs angeordnet sein muß, so läßt sich selbstverständlich die Anordnung der Komponenten umkehren, der Stator 3 also nach außen verlegen, ohne das Funktionsprinzip verändern zu müssen.

Montiert werden die Antriebskomponenten nach Fig. 2 wie folgt:

Die Motorachse 3a ist am Achsschenkel 5 befestigt, Verbindungsteile nicht dargestellt. Auf die Motorachse 3a wird der mit den Teilen 1f, 1a, 1b und 1d komplettierte Abtrieb 1 und danach der mit den Teilen 4a, 4b und 4d komplettierte Läufer 4 formschlüssig aufgepreßt. Nun kommt das Statorblechpaket 3b, komplettiert mit der Statorwicklung 3c, ebenfalls formschlüssig auf die Motorachse 3a. Die Zentrierplatte 4c mit dem Wälzlager 4e kann nun über die Motorachse 3a geschoben und am Läufergehäuse 4a befestigt werden. Schließlich muß nur noch die Zentrierplatte 1c mit dem eingepreßten Wälzlager 1e auf die Motorachse 3a geschoben und am Abtriebsgehäuse 1f montiert bzw. befestigt werden. Zusammengehalten werden die Komponenten nun beispielsweise mit dem Distanzstück 7 und einer Sicherungsmutter 6.

Fig. 3, Fig. 4 und Fig. 5 sind prinzipielle Darstellungen von Läufervarianten. In den käfigartigen Ausnehmungen im Läufergehäuse 4a sind die Permanentmagnete 4b, 4g und 4h tangential und axial, und mit dem inneren und äußeren dünnen Mantel 4f radial gesichert bzw. befestigt. Die Variante nach Fig. 4 trägt mittig zusätzlich einen magnetischen Rückschluß 4i und hat die Permanentmagnete 4g an der Innenseite gegenpolig zu den Permanentmagneten 4h an der Außenseite angeordnet. Die Variante nach Fig. 5 ist prinzipiell aufgebaut wie die nach Fig. 4, lediglich mit dem Unterschied, daß die Innenseite einen eigenen Rückschluß 4l und die Außenseite einen eigenen Rückschluß 4k, mit einem magnetisch nichtleitenden Ring 4m dazwischen, angeordnet hat sowie die Polpaarzahl zwischen Innen- und Außenseite unterschiedlich ist. Läufer nach Fig. 3 bis Fig. 5 haben den besonderen Vorteil, daß lediglich eine Stromzuführung über die Stränge 3c der Statorwicklungen erfolgt ansonsten ist keine Stromzuführung während des Betriebes nötig.

Fig. 6 zeigt die charakteristischen Kennlinien des Gleichstrommotors mit permanentmagnetischer Erregung. Diese Darstellung ist bekannt und wird deshalb zur Veranschaulichung herangezogen, weil sich die hier dargestellten Betriebspunkte und Kennlinienverläufe genauso verhalten wie die des beschriebenen Antriebs.

Fig. 7 zeigt die Drehzahl-Drehmomentkennlinie 9a mit der dazugehörigen Leistungskurve 9b. Es soll hier das Antriebsverhalten bei niedrigster Leistung veranschaulicht werden. In Wirklichkeit aber liegen diese Kurven ganz nahe am Nullpunkt und können daher zeichnerisch nicht mehr dargestellt werden, d.h. die Kurven 9a und 9b liegen direkt im Nullpunkt. Die Leistung der Antriebsprimärseite, also des Stators mit dem Läufer, kann nun stufenlos gesteigert werden, wobei sich eine Parallelverschiebung der Kennlinien ergibt. Die Drehzahl-Drehmomentkennlinie 8a mit der dazugehörigen Leistungskurve 8b soll hier das Maximum darstellen.

Die Kennlinienschar in Fig. 8 zeigt den Verlauf der Drehzahldifferenzen, die sich zwischen Läufer und Abtrieb bei unterschiedlichen Windungszahlen  $N_1$  bis  $N_3$  ergeben würden. Die hier dargestellten Drehzahlen ha-

ben jedoch negatives Vorzeichen, d. h. die Abtriebsdrehzahl errechnet sich somit aus der Läuferdrehzahl minus der jeweilig zum Drehmoment gehörigen Drehzahldifferenz.

Fig. 9 zeigt die Motorkennlinie 10 und 20 und den zur Kennlinie 10 gehörigen Wirkungsgradverlauf 22. Mit dieser Darstellung soll das Arbeitsprinzip des Antriebs veranschaulicht werden, nämlich, wie sich ganz bestimmte Geschwindigkeiten bzw. Drehzahlen und Drehmomente steuern lassen. So z. B. warum es möglich ist, daß der Abtrieb bei Höchstdrehzahl noch das gleiche Drehmoment wie im Anlaufmoment erreicht, und dies bei einem immer noch relativ hohen Wirkungsgrad. Erläuterung: Ausgangspunkt sei die mittlere Drehzahl-Drehmomentkennlinie 10. Ist z. B. das Lastmoment bezogen auf Kennlinie 10 so groß wie das Drehmoment im Punkt 11, so hat der Läufer in diesem Punkt noch eine Drehzahl 12. Aufgrund des Lastmomentes stellt sich aber auf der Drehzahldifferenz-Drehmomentkennlinie 13 eine negative Drehzahl 14 ein. Wie das Diagramm Fig. 9 zeigt, hat die Drehzahl 12 positives Vorzeichen und die Drehzahl 14 negatives Vorzeichen. Da aber beide Beträge gleich groß sind heben sie sich auf, d. h. der Abtrieb bleibt in diesem Punkt stehen und erzeugt das Anlaufmoment 11.

Verringert sich nun das Lastmoment auf den Betrag 15, so arbeitet der Antrieb mit maximalem Wirkungsgrad 16. Der Läufer hat die Drehzahl 17, die Drehzahldifferenz hat die negative Drehzahl 18 und der Abtrieb hat somit noch die resultierende Drehzahl 19. Wird nun an den Abtrieb die Forderung gestellt diese Drehzahl zu halten und das Drehmoment dabei aber beispielsweise wieder auf den Betrag 11 zu erhöhen, so wird die Leistung so lange erhöht, bis sich die Drehzahl-Drehmomentkennlinie um soviel parallel nach oben verschoben hat, daß sich eine neue angehobene Kennlinie 20 einstellt. Das ergibt die Drehzahl 21, von der die negative Drehzahl 14 abgezogen werden muß. Die resultierende Drehzahl am Abtrieb bleibt demnach  $21 - 14 = 19$ .

Nach Fig. 10 ist ein hohlzylinderförmiger Läufer 111 über eine um die Drehachse 114 drehbare Motorwelle 102 an einen Motor wie einen Verbrennungsmotor gekoppelt. Der Motor 100 ist extern angeordnet, da er z. B. wie hier außerhalb des Gehäuses 104, 105 sich befindet. Der Motor 100 kann mit der Motorwelle 102 z. B. kraftschlüssig verbunden bzw. koppelbar sein. Der Läufer 111 kann mit der Motorwelle 102 z. B. kraft- und formschlüssig verbunden bzw. koppelbar sein. Im Längsschnitt gesehen ist der Läufer 111 im wesentlichen U-förmig ausgebildet. Die Kraftübertragungsstrecke 101 bezogen auf die Länge der Anwendung, d. h. zwischen Läufer 111 und Verbrennungsmotor kann beliebig sein. Der um die Drehachse 114 drehbare Läufer 111 zur Strominduktion in den Kurzschlußwicklungen 110 der Abtriebseinrichtung 107 wird von dem Verbrennungsmotor angetrieben. Auf der Außenseite der Schenkel des Läufers 111 ist mindestens eine um die Drehachse 114 ringförmig ausgebildete Permanentmagnetschicht 113 angeordnet. Unter Außenseite ist die der Motorwelle 102 oder Abtriebswelle 108 abgewandte Seite z. B. der Schenkel des Läufers 111 bzw. der Schenkel der Abtriebseinrichtung 107 zu verstehen. Unter Außenseite des Mantels ist die der Motorwelle 102 oder der Abtriebswelle 108 abgewandte Seite des Mantels des vorzugsweise hohlzylinderförmigen Läufers 111 bzw. der hohlzylinderförmigen Abtriebseinrichtung 107 zu verstehen. Auf der Innenseite der Schenkel des Läufers 111 kann auch eine Permanentmagnetschicht 113

(analog oder entsprechend Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6) angeordnet und um die Drehachse 114 ringförmig ausgebildet sein. Auf der der Außenseite abgewandten Seite der Permanentmagnetschicht 113 befindet sich eine im Querschnitt gleichfalls um die Drehachse 114 ringförmig ausgestaltete Magnetrückschlußschicht 112 mit Massiveisen.

Eine hohlzylinderförmige Abtriebseinrichtung 107, welche im Längsschnitt wie Fig. 10 im wesentlichen U-förmig ausgebildet ist, nimmt den Läufer 111 zum Teil auf, so daß die Schenkel des Läufers 111 und die der Abtriebseinrichtung 107 vorzugsweise parallel zueinander ausgerichtet und nebeneinander liegen sowie über einen geringen Luftspalt von etwa 0,5 bis 1,0 mm voneinander beabstandet sind. Der Läufer 111 und die Abtriebseinrichtung 107 sind nicht miteinander mechanisch gekoppelt, sondern können unabhängig voneinander um die Drehachse 114 beweglich sein. Auf der der Permanentmagnetschicht 113 zugewandten Seite des Mantels der Abtriebseinrichtung 107 — also Innenseite — befinden sich Kurzschlußwicklungen 110, die in Nuten eines Blechpakets (Schicht mit geblechtem Magnetrückschluß) 109 geführt sind oder wie hier auf der Oberfläche des Blechpaketes 109 angeordnet sind. Im Querschnitt gesehen sind die Schicht mit den Kurzschlußwicklungen 110 und das Blechpaket 109 ringförmig um die Drehachse 114 angeordnet. Die Abtriebseinrichtung 107 kann fest mit der Abtriebswelle 108 kraft- und formschlüssig verbunden sein, über die ein Rad eines Fahrzeugs antreibbar ist. Die Drehachse 114 der Motorwelle 102 kann mit der Drehachse 114 der Abtriebswelle 108 übereinstimmen. Ein an Befestigungsschrauben 106 gehaltenes Gehäuse 105, 104 umgibt den Läufer 111 und die Abtriebseinrichtung 107. Die Motorwelle 102 und die Abtriebswelle 108 werden in Wälzlager 103 des Gehäuses 105, 104 drehbar geführt. Die Abtriebseinrichtung 100 ist ein an die Motorwelle 102 gekoppelter Verbrennungsmotor oder ein Elektromotor.

#### Bezugszeichenliste

1. Abtriebseinrichtung (gesamte Komponenten)
  - 1a. Abtriebsblechpaket
  - 1b. Kurzschlußwicklungen
  - 1c. Abtriebseinrichtungszentrierplatte
  - 1d. hinteres Abtriebseinrichtungswälzlager
  - 1e. vorderes Abtriebseinrichtungswälzlager
  - 1f. Abtriebseinrichtungsgehäuse
2. Radfelge
  - 2a. Befestigungsschraube für Radfelge
3. Stator (gesamte Komponente)
  - 3a. Achse
  - 3b. Statorrückschluß
  - 3c. Statorwicklungen
4. Läufer (gesamte Komponenten)
  - 4a. Läufergehäuse
  - 4b. Permanentmagnete
  - 4c. Läuferzentrierplatte
  - 4d. hinteres Läuferwälzlager
  - 4e. vorderes Läuferwälzlager
  - 4f. innerer und äußerer Läufermantel
  - 4g. innere Permanentmagnete
  - 4h. äußere Permanentmagnete
  - 4i. Läuferückschluß
  - 4k. äußerer Läuferückschluß
  - 4l. innerer Läuferückschluß
  - 4m. magnetisch nichtleitender Ring
5. Achsschenkel



- 6. Sicherungsmutter
- 7. Distanzstück
- 8a. obere Drehzahl-Drehmomentkennlinie
- 8b. obere Leistungskurve
- 9a. untere Drehzahl-Drehmomentkennlinie
- 9b. untere Leistungskurve
- 10. mittlere Drehzahl-Drehmomentkennlinie
- 11. Anlaufmoment bzw. Lastmoment
- 12. Läuferdrehzahl im Anlaufmoment
- 13. Drehzahldifferenz-Drehmomentkennlinie
- 14. negative Drehzahl im Anlaufmoment
- 15. Lastmoment bei max. Wirkungsgrad
- 16. maximaler Wirkungsgrad
- 17. Läuferdrehzahl bei max. Wirkungsgrad
- 18. negative Drehzahl bei max. Wirkungsgrad
- 19. Drehzahl des Abtriebes
- 20. angehobene Drehzahl-Drehmomentkennlinie
- 21. Läuferdrehzahl bei angehobener Leistung
- 22. Wirkungsgradverlauf
- 100 Motor zum Antreiben des Läufers
- 101 Kraftübertragungsstrecke
- 102 Motorwelle
- 103 Walzlager
- 104 Abtriebskopplungseinrichtungsgehäuse
- 105 Gehäusedeckel
- 106 Befestigungsschraube
- 107 Abtriebseinrichtung
- 108 Abtriebswelle
- 109 geblechter Magnetrückschluß
- 110 Kurzschlußwicklung
- 111 Permanentmagnetläufer zur Strominduktion in den Kurzschlußwicklungen
- 112 Magnetrückschluß (St. 37, Massiveisen)
- 113 Permanentmagnet

#### Patentansprüche

- 1. Elektroantrieb mit selbständiger und stufenloser Lastmomentanpassung, mit:  
einem Stator (3), welcher eine mit Strom zu versor-  
gende Statorwicklung (3c) aufweist,  
einem Läufer (4), welcher eine Einrichtung (4b, 4g,  
4h) zur Erzeugung eines Magnetfeldes aufweist, und  
einer Abtriebseinrichtung (1), welche eine Kurz-  
schlußwicklung (1b) aufweist, wobei der Stator (3),  
der Läufer (4) und die Abtriebseinrichtung (1) je-  
weils um eine Motorachse zentriert herum ange-  
ordnet sind,  
die Abtriebseinrichtung (1) um die Motorachse her-  
um mechanisch frei beweglich angeordnet ist,  
der Läufer (4) zwischen dem Stator (3) und der  
Abtriebseinrichtung (1) angeordnet und der Läufer  
(4), der Stator (3) und die Abtriebseinrichtung (1)  
derart ausgebildet und zueinander angeordnet sind,  
daß das von der Einrichtung (4b, 4g, 4h) zur Erzeu-  
gung eines Magnetfeldes des Läufers (4) ausgebil-  
dete Magnetfeld im wesentlichen sowohl die Sta-  
torwicklung (3c) als auch die Kurzschlußwicklung  
(1b) der Abtriebseinrichtung (1) durchflutet.
- 2. Elektroantrieb nach Anspruch 1, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß der Läufer (4) um den Stator (3)  
herum angeordnet ist.
- 3. Elektroantrieb nach Anspruch 1, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß der Stator (3) um den Läufer (4)  
herum angeordnet ist.
- 4. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sta-  
tor (3) eine magnetische Rückschlußeinrichtung

- (3b) aufweist.
- 5. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ab-  
triebseinrichtung (1) eine magnetische Rückschluß-  
einrichtung (1a) aufweist.
- 6. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sta-  
torwicklung (3c) auf der Oberfläche der Rück-  
schlußeinrichtung (3b) des Stators (3) angeordnet  
und als eisenlose Antriebswicklung ausgebildet ist.
- 7. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurz-  
schlußwicklung (1b) der Abtriebseinrichtung (1) auf  
der Oberfläche der Rückschlußeinrichtung (1a) der  
Abtriebseinrichtung (1) angeordnet und als eine ei-  
senlose Kurzschlußwicklung ausgebildet ist.
- 8. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Läu-  
fer (4), der Stator (3) und die Abtriebseinrichtung  
(1) derart ausgebildet und zueinander angeordnet  
sind, daß das von der Einrichtung (4b, 4g, 4h) zur  
Erzeugung eines Magnetfeldes des Läufers (4) im  
Betriebszustand ausgebildete Magnetfeld im we-  
sentlichen die Statorwicklung (3c) und die Rück-  
schlußeinrichtung (3b) des Stators (3) sowie die  
Kurzschlußwicklung (1b) der Abtriebseinrichtung  
(1) und die Rückschlußeinrichtung (1a) der Ab-  
triebseinrichtung (1) durchflutet.
- 9. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein-  
richtung (4b, 4g, 4h) zur Erzeugung des Magnetfel-  
des des Läufers (4) als Elektromagnet ausgebildet  
ist.
- 10. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein-  
richtung (4b, 4g, 4h) zur Erzeugung des Magnetfel-  
des des Läufers (4) als Permanentmagnet ausgebil-  
det ist.
- 11. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Per-  
manentmagnet des Läufers (4) eine Mehrzahl von  
Stabmagneten (4b) aufweist, welche kreisförmig  
um die Motorachse herum angeordnet sind, wobei  
die die Pole verbindenden Achsen der Stabmagne-  
ten jeweils parallel zu der Motorachse angeordnet  
sind und die polare Ausrichtung benachbarter  
Stabmagneten entgegengesetzt zueinander ver-  
läuft.
- 12. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Per-  
manentmagnet des Läufers (4) eine Doppel-  
schichtstruktur zweier bezüglich der Motorachse  
übereinander positionierter Schichten einer Mehr-  
zahl von kreisförmig um die Motorachse herum  
angeordneten Stabmagneten (4g, 4h) und eine zwi-  
schen den zwei Schichten befindliche magnetische  
Rückschlußeinrichtung (4i) aufweist, wobei die po-  
lare Ausrichtung übereinander positionierter Stab-  
magneten entgegengesetzt zueinander verläuft.
- 13. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die An-  
zahl der in den jeweiligen Schichten der Doppel-  
schichtstruktur vorhandenen Stabmagneten ver-  
schieden ist, die Schichten von Stabmagneten durch  
eine magnetischen Isolierungseinrichtung (4m)  
voneinander getrennt sind und zwischen jeder  
Schicht von Stabmagneten und der magnetischen  
Isolierungseinrichtung (4m) eine magnetische



Rückschlußeinrichtung (4k, 4l) angeordnet ist.

14. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektroantrieb als Gleichstrommotor ausgebildet ist.

15. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtriebseinrichtung (1) Mittel (1c) zur Verbindung mit der Radnabe eines Fahrzeugs aufweist.

16. Elektroantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die der Läufer (4) Mittel (4c) zur Verbindung mit der Radnabe eines Fahrzeugs aufweist.

17. Antriebskopplungseinrichtung mit selbständiger und stufenloser Lastmomentanpassung, mit: einem Läufer (111), welcher eine Einrichtung (113) zur Erzeugung eines Magnetfelds und Mittel (102) zur kraft-, reib- oder formschlüssigen Verbindung mit einer Antriebseinrichtung (100) aufweist, und einer Abtriebseinrichtung (107), welche eine Kurzschlußwicklung (110) aufweist, wobei der Läufer (111) und die Abtriebseinrichtung (107) jeweils um eine Drehachse (114) zentriert angeordnet sind, der Läufer (111) und die Abtriebseinrichtung (107) um die Drehachse (114) herum mechanisch frei beweglich angeordnet sind, der Läufer (111) und die Abtriebseinrichtung (107) derart ausgebildet und zueinander angeordnet sind, daß das von der Einrichtung (113) zur Erzeugung eines Magnetfelds des Läufers (111) ausgebildete Magnetfeld im wesentlichen die Kurzschlußwicklung (110) der Abtriebseinrichtung (107) durchflutet.

18. Antriebskopplungseinrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Läufer (111) mit einer Motorwelle (102) fest verbunden ist.

19. Antriebskopplungseinrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtriebseinrichtung (107) um den Läufer (111) herum angeordnet ist.

20. Antriebskopplungseinrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Läufer (111) um die Abtriebseinrichtung (107) herum angeordnet ist.

21. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtriebseinrichtung (107) eine magnetische Rückschlußeinrichtung (109) aufweist.

22. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurzschlußwicklung (110) der Abtriebseinrichtung (107) auf der Oberfläche der Rückschlußeinrichtung (109) der Abtriebseinrichtung (107) angeordnet und als eine eisenlose Kurzschlußwicklung ausgebildet ist.

23. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Läufer (111) und die Abtriebseinrichtung (107) derart ausgebildet und zueinander angeordnet sind, daß das von der Einrichtung (113) zur Erzeugung eines Magnetfelds des Läufers (111) ausgebildete Magnetfeld im wesentlichen die Kurzschlußwicklung (110) der Abtriebseinrichtung (107) und die Rückschlußeinrichtung (109) der Abtriebseinrichtung (107) durchflutet.

24. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (113) zur Erzeugung des Magnetfelds des Läufers (111) als Elektromagnet ausge-

bildet ist.

25. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (113) zur Erzeugung des Magnetfelds des Läufers (111) als Permanentmagnet ausgebildet ist.

26. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet des Läufers (111) eine Mehrzahl von Stabmagneten aufweist, welche kreisförmig um die Drehachse (114) herum angeordnet sind, wobei die die Pole verbindenden Achsen der Stabmagneten jeweils parallel zu der Drehachse (114) angeordnet sind und die polare Ausrichtung benachbarter Stabmagneten entgegengesetzt zueinander verläuft.

27. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet des Läufers (111) eine Doppelschichtstruktur zweier bezüglich der Drehachse (114) übereinander positionierter Schichten einer Mehrzahl von kreisförmig um die Motorachse herum angeordneten Stabmagneten und eine zwischen den zwei Schichten befindliche magnetische Rückschlußeinrichtung aufweist, wobei die polare Ausrichtung übereinander positionierter Stabmagneten entgegengesetzt zueinander verläuft.

28. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der in den jeweiligen Schichten der Doppelschichtstruktur vorhandenen Stabmagneten verschieden ist, die Schichten von Stabmagneten durch eine magnetischen Isolierungseinrichtung voneinander getrennt sind und zwischen jeder Schicht von Stabmagneten und der magnetischen Isolierungseinrichtung eine magnetische Rückschlußeinrichtung angeordnet ist.

29. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung (100) eine Verbrennungskraftmaschine oder ein Elektromotor oder eine Elektromaschine ist.

30. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtriebseinrichtung (107) Mittel (108) zur Verbindung mit der Radnabe des anzutreibenden Rads eines Fahrzeugs aufweist.

31. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel (102) zur kraft-, reib- oder formschlüssigen Verbindung des Läufers (111) mit der Antriebseinrichtung (100) die um die Drehachse (114) drehbare Welle (102) ist.

32. Antriebskopplungseinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtriebseinrichtung (107) an eine um die Drehachse (114) drehbare Abtriebswelle (108) gekoppelt ist.

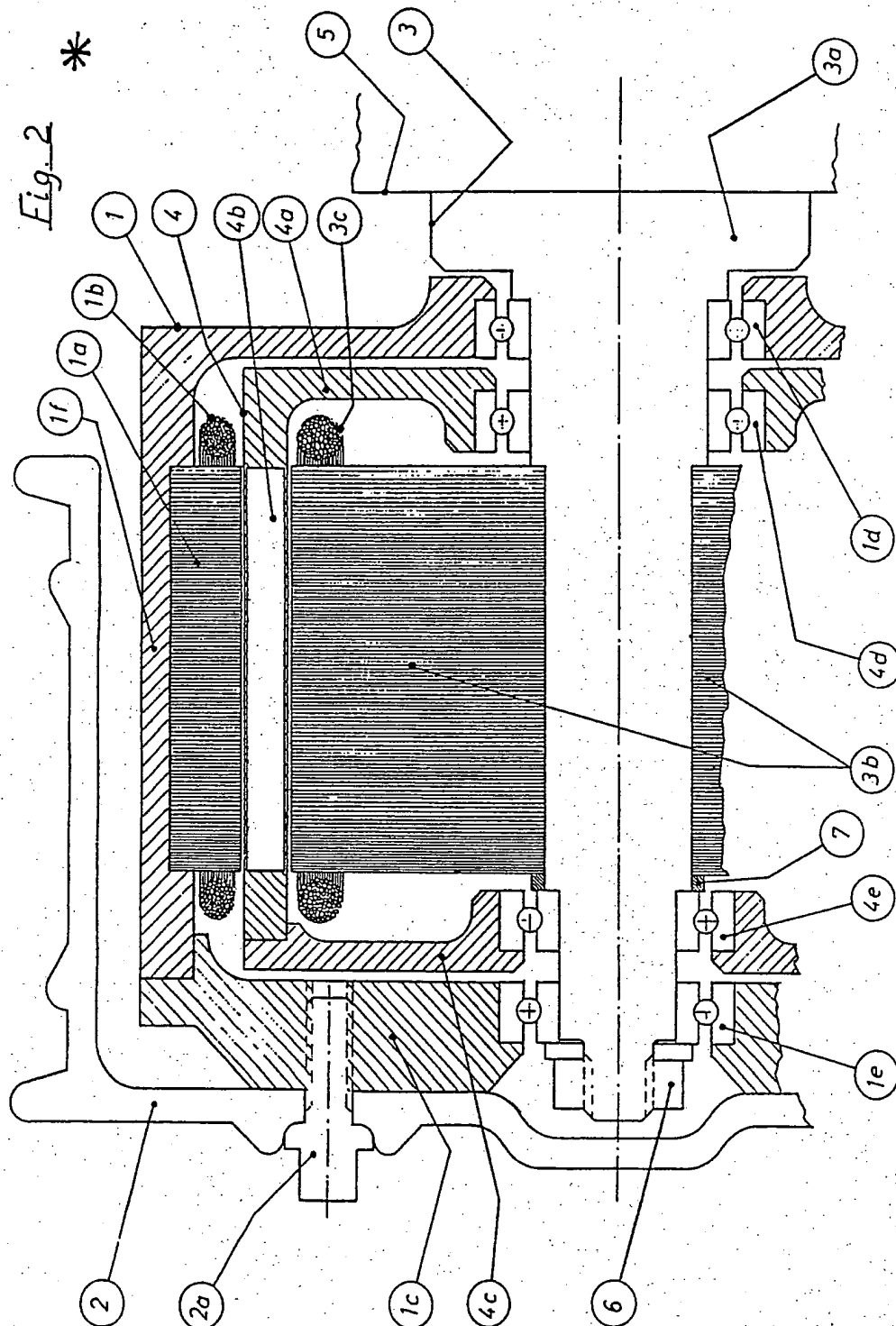


Fig. 1

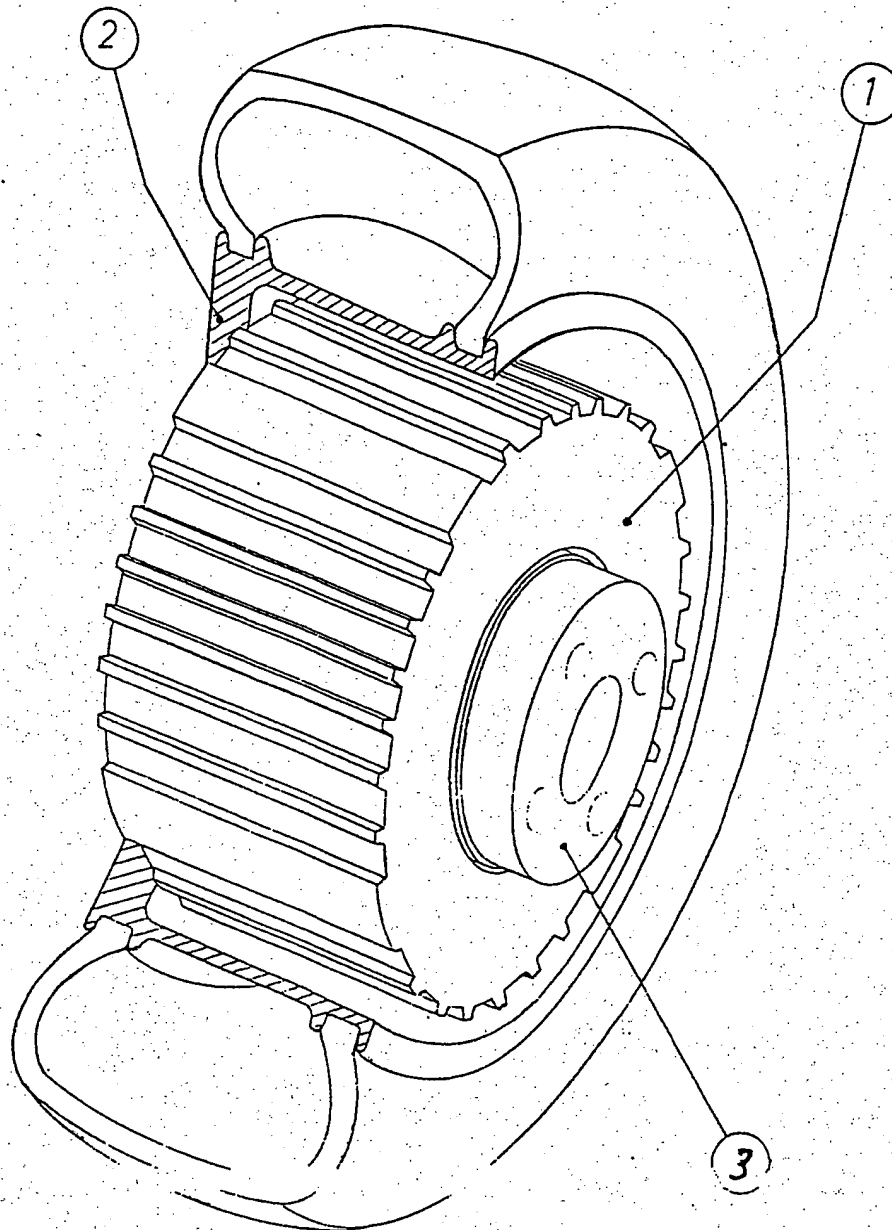


Fig. 3

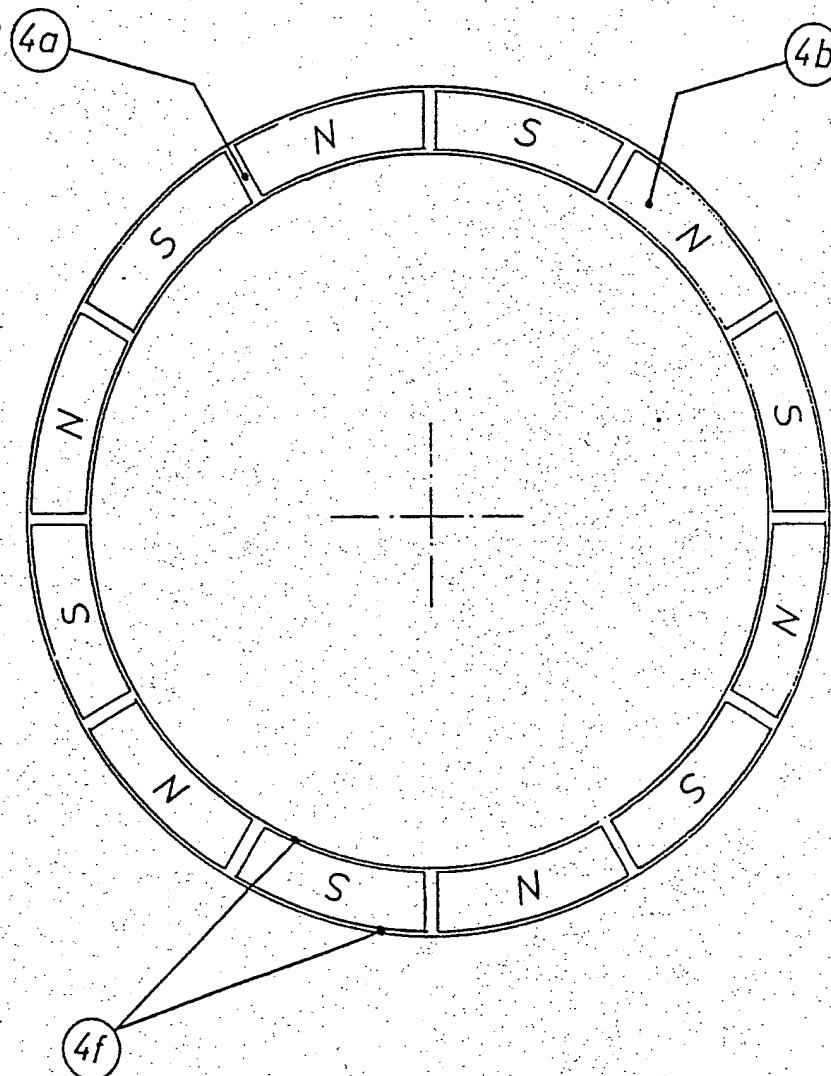


Fig. 4

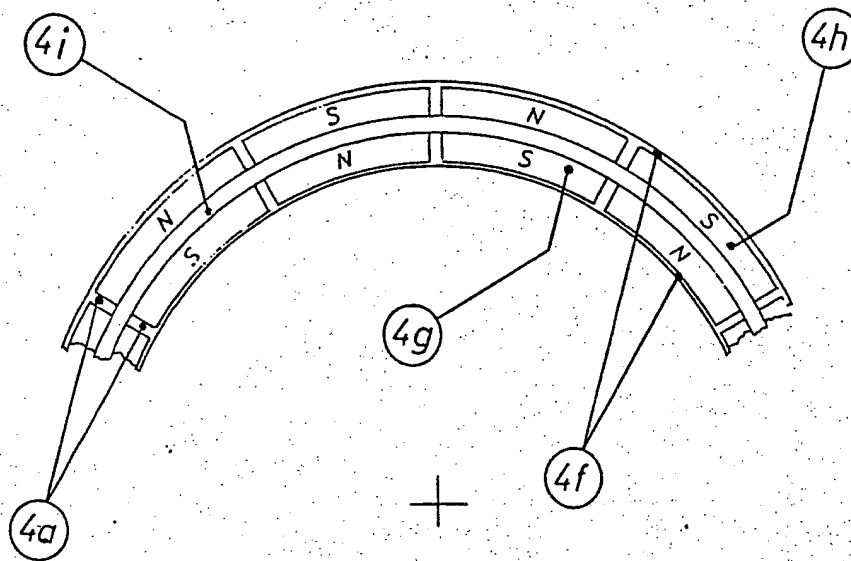


Fig. 5

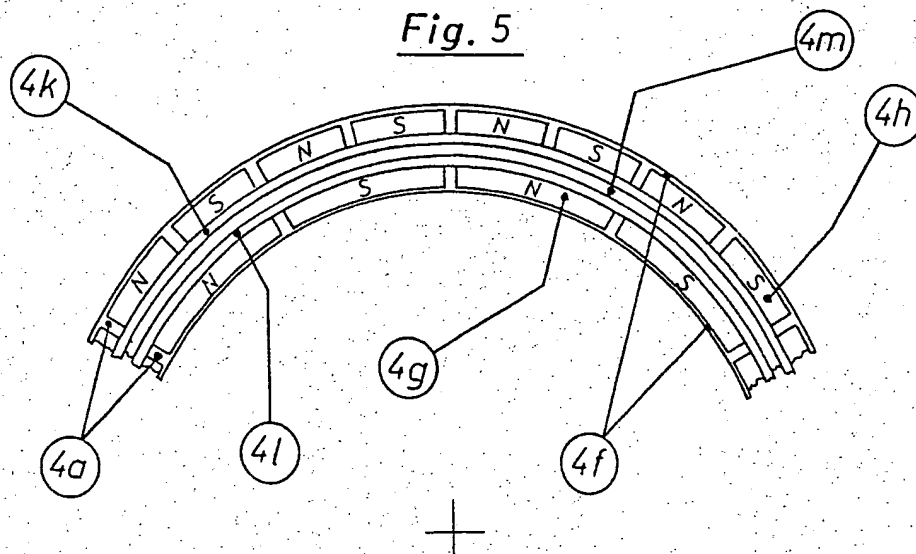


Fig. 6

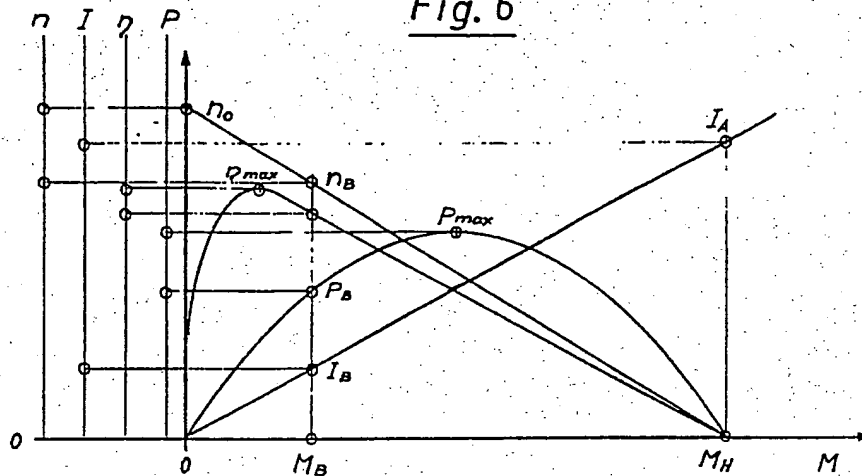


Fig. 7

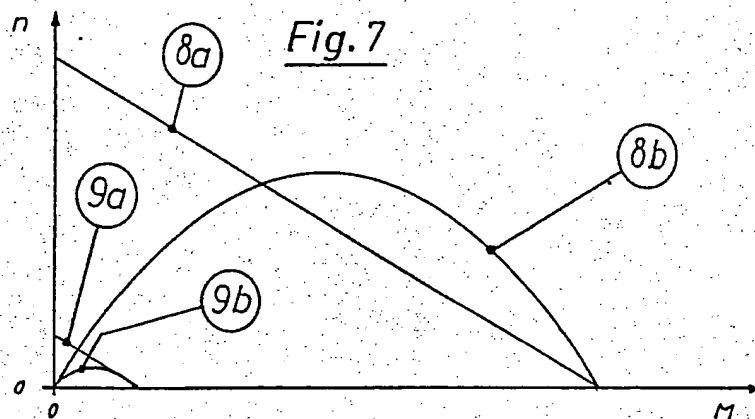


Fig. 8

